

<https://helda.helsinki.fi>

---

## Kestävyys, poikkitieteellisyys ja tietämisen monimutkaisuus : Heuristiikka avuksi?

Huutoniemi, Katri Ilona

2014-04

---

Huutoniemi , K I 2014 , ' Kestävyys, poikkitieteellisyys ja tietämisen monimutkaisuus :  
Heuristiikka avuksi? ' , Tiedepolitiikka , Vuosikerta. 39 , Nro 1 , Sivut 27-36 .

---

<http://hdl.handle.net/10138/232266>

---

acceptedVersion

---

*Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.*

*This is an electronic reprint of the original article.*

*This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.*

*Please cite the original version.*

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/262348062>

# Kestävyys, poikkitieteellisyys ja tietämisen monimutkaisuus - heuristiikka avuksi?

Article · April 2014

---

CITATION

1

---

READS

299

1 author:



[Katri Huutoniemi](#)

Academy of Finland

19 PUBLICATIONS 333 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Building support for science policy and the impact of research [View project](#)

## **Kestävyys, poikkitieteellisyys ja tietämisen monimutkaisuus – heuristiikka avuksi?**

Katri Huutoniemi, VTT, tutkija, Helsingin yliopisto

### **Pirulliset kestävyysongelmat**

Yhteiskunnallisessa ympäristökeskustelussa kestävyydellä tarkoitetaan hyvinvoinnin edellytysten säilyttämistä pitkällä aikavälillä. Käsite viittaa ekologisten prosessien ja inhimillisten prosessien väliseen vuorovaikutukseen (esim. Kates ym. 2001). Avainkysymyksenä on se, miten käytämme luonnon resursseja ja dynamiikkaa, ja heikentääkö niiden käyttö joidenkin muiden ihmisten, muiden lajien tai tulevien sukupolvien mahdollisuuksia tyydyttää omia tarpeitaan. Kysymyksenasettelu on lähtökohtaisesti monisäikeinen: kyse on sekä arvoista että materiaalisista edellytyksistä, eikä yhteisymmärrystä kummallakaan ulottuvuudella ole helppo saavuttaa.

Kestävyiden edellytykset, ja siten "kestävän" ja "kestämättömän" välinen kynnys, vaihtelee ajasta ja paikasta toiseen, riippuu niin sosiokulttuurisista kuin biofysikaalisistakin tekijöistä, ja määräytyy näiden välisessä monimutkaisessa vuorovaikutuksessa. Monimutkaisuudesta kertovat esimerkiksi se, että kestävä toiminnan seuraukset ovat usein ajallisesti ja paikallisesti etäällä itse toiminnasta, jolloin niiden syytä on vaikea jäljittää; että onnistuneetkin paikalliset kokeilut johtavat helposti umpikujaan, jos niitä sovelletaan globaalin kestävyiden edellyttämässä laajassa mittakaavassa; ja että monet kestävyysuhat rakentuvat osaksi kulttuurisia ja yhteiskunnallisia instituutioita sekä fyysisiä infrastruktuureja, joiden muuttaminen edellyttää radikaaleja pitkän tähtäyksen toimenpiteitä (Murphy 2012).

Samalla kestävyys on arvosidonnainen käsite ja sisältää oletuksia siitä, mikä on säilyttämisen arvoista ja millä kustannuksin. Arvosidonnaisuus tulee vastaan esimerkiksi pyrittäessä integroimaan ns. ekologinen, taloudellinen ja sosiokulttuurinen kestävyys, jotka ovat usein jännitteisessä suhteessa toisiinsa. Pysyvyys ja kehitys, ympäristölliset ja sosiokulttuuriset ihanteet, nykyisten ja tulevien sukupolven tarpeet jne. sisältävät toisilleen vastakkaisia pyrkimyksiä. Vielä syvempiä jännitteitä löytyy, kun puntaroidaan yhtäältä tällä hetkellä tärkeiden asioiden säilyttämistä ja toisaalta palautumiskykyä jonkin tärkeän romahdettua.

Kestävyyssymyksiä luonnehtiikin arvojen moninaisuus ja kiistely siitä, mistä ongelmassa on kyse. Kun tämä yhdistyy tiedolliseen epävarmuuteen, voidaan puhua "pirullisista" ongelmista.

*Pirullinen ongelma (wicked problem)* on monimutkainen ongelmakimppu, jota ei voida kattavasti määritellä, johon ei ole yhtä selkeää ratkaisua, ja jonka ratkaisut eivät ole oikeita tai vääriä eivätkä hyviä tai huonoja, vaan parhaita mitä kussakin tilanteessa voidaan tehdä (Rittel & Webber 1973). Kirjassaan *Wicked Environmental Problems* ympäristöpolitiikan tutkija Peter Balint kollegoineen esittää, että "kun eriäviä arvoja edustavat intressiryhmät ovat hyvin organisoituja ja vahvasti motivoituneita, ja tieteellisiä epävarmuuksia voidaan hyödyntää, kysymys voi siirtyä pirullisten ongelmien kentälle" (Balint ym. 2011:2, kirjoittajan suomennos). Monet ympäristö- ja kestäväyssymykset sijoittuvat luontevasti tähän kategoriaan: Noustuaan yhteiskunnallisen keskustelun agendalle ne paljastavat sitkeitä erimielisyyksiä toimijaryhmien ja jopa tutkijayhteisöjen välillä. Kuten Balint kollegoineen osoittaa, monet ympäristön ja luonnonvarojen hoitoon liittyvät tapaukset tuottavat yhä yksityiskohtaisempia selvityksiä ja pidempiä käsittelyprosesseja – ilman, että taustalla olevat kysymykset saataisiin ratkaistua. Tapausten selvittely päätetään usein ulkoisista syistä: aika, raha tai kärsivällisyys loppuu.

Kestäväyssymysten pirullisuus on epistemologisesti, eettisesti ja poliittisesti kiinnostava näkökulma. Akateemisessa maailmassa se antaa jälleen aihetta perinteisen, tieteenaloittaisen tiedontuotantomallin kriittiseen tarkasteluun. *Poikkitieteellisyys* muunnoksineen (tieteidenvälisyys, monitieteisyys jne.) esitetään yhä useammin lähestymistapana, jolla tiede voi puuttua reaali maailman ongelmiin, ja ympäristö- ja kestävyystutkimus onkin lähtökohtaisesti tieteenalarajat ylittävää, ohittavaa tai läpäisevää. Pirullisen ongelman käsite kuitenkin tuo tähän keskusteluun mielenkiintoisen käänteen: Se kietoo tiedon, arvot ja politiikan yhtenäiseksi vyyhdiksi, jonka selvittämisessä tarvitaan kokonaan uusia ajattelutapoja.

Esitänkin aiempien poikkitieteellistä tutkimusotetta teoretisoivien näkökulmien jatkoksi *heuristista* lähestymistapaa. Ajatus noudattelee poikkitieteellisyyskeskustelun viimeaikaisia suuntauksia, joissa korostetaan "kekseliäisyyden" (Brown ym. 2010) tai "ympäristöllisen lukutaidon" (Scholz 2011) merkitystä monitahoisten kestävyysongelmien selvittämisessä, mutta ottaa lähtökohdaksi tutkimuksellisen "tilannetajun" vakiintuneiden ajattelu- ja ongelmanratkaisumallien välimaastossa. Pirullisen ongelman käsite viittaa siihen, että ongelman määrittely on osin katsojan silmässä, ja juontaa juurensa havainnoijan ja ympäröivän maailman väliseen suhteeseen. Erilaisten näkemysten yhteensovittelun sijaan kannattaisikin etsiä oikoreittejä ongelmallisten tilanteiden kohtaamiseen ja tarkasteluun. Heuristiikka viittaa tässä yhteydessä ajattelun välineisiin, joilla tutkija lähestyy tutkimustilannetta ja poimii siitä tekijöitä, joiden avulla on mahdollista jäsentää ongelmaa ja löytää siihen ratkaisuja (ks. Haila 2010).

## Poikkitieteellisyys vastauksena tieteen kriisiin

Modernin tieteen lähtökohdat on enenevässä määrin kyseenalaistettu aikamme monimutkaisten haasteiden edessä. Reduktionistinen ja lineaarinen logiikka tiedontuotannon taustalla on todettu hampaattomaksi reaali maailman ongelmiin, joita luonnehtii historiallisuus, muutos, kompleksisuus ja epävarmuus. On esitetty, että tieteenalojen ongelmanratkaisukyky perustuu teoreettisesti yksinkertaistettujen ongelmien ratkaisemiseen (Krohn 2010). Ranskalaisfilosofi ja –sociologi Edgar Morinin mukaan tieteenaloittaista tiedontuotantoa luonnehtii yksinkertaistamisen paradigma: tieto organisoidaan tavoilla, jotka ovat kykenemättömiä tunnistamaan ja käsittelemään ilmiöiden kompleksisuutta. Tiedontuotannon lisääntyvän mutkikkuuden (*complicatedness*) myötä tieteen kyky käsitellä kompleksisuutta (*complexity*) on heikentynyt.

Tieteen kritiikkiä on esitetty laajalla rintamalla, johon voidaan lukea niin monet postmodernistit, jälkistrukturalistit, feministit kuin tieteen- ja teknologiantutkijatkin. Näitä suuntauksia voidaan pitää poikkitieteellisinä siinä mielessä, että ne pyrkivät nousemaan tieteenaloittaisen näkökulman yläpuolelle ja esittämään kriittisiä huomioita vallitsevan tiedon rakenteista (ks. Klein 1996). Poikkitieteellisyydestä on kuitenkin tullut myös erityinen keskustelu- ja tutkimusteemansa, joka kumpuaa ennen kaikkea tiede- ja korkeakoulupoliittisista tarpeista. Tässä merkityksessä se on herättänyt kiinnostusta koko akateemisessa maailmassa viime vuosisadan loppupuolelta alkaen, ja ympäristötutkijat ovat tyypillisesti olleet keskustelun kärjessä (esim. Caldwell 1983).

Poikkitieteelliseen tutkimukseen lukeutuu monenlaisia tieteenalarajat ylittävän vuorovaikutuksen, kritiikin ja ongelmanratkaisun muotoja. Tutkimuksen kirjoja voidaan hahmotella esimerkiksi vuorovaikutuksen eri asteita, laajuuksia ja tavoitteita luokittelemalla (Huutoniemi ym. 2010; Klein 2010). Poikkitieteellisyyttä koskeva teoreettinen keskustelu näyttäisi kuitenkin jakautuvan kahteen leiriin, joita erottaa se, minkälaisia vastauksia tieteen kriisiin ollaan hakemassa; käytän niistä seuraavassa nimiä ”integraatio” ja ”vastuuvollisuus” (taulukko 1). Jäsennys on verrattavissa sosiologi Michael Burawoyn luokitukseen tieteenalansa työnjaosta tai funktioista, jossa erotetaan toisistaan mm. professionaalinen ja julkinen sosiologia (Burawoy 2005). Kumpikin tutkimuksen tyyppi voi tavoitella instrumentaalista tai refleksiivistä tietoa, mutta ne eroavat siinä, *kenelle* ja *mitä varten* tietoa tuotetaan.

**Taulukko 1.** Kaksi metateoreettista lähestymistapaa poikkitieteelliseen tutkimukseen (Lähde: Huutoniemi, painossa (a), taulukko 1.1., jossa sovellettu Buroway 2005, taulukko 3).

	<i><b>Integraatio</b></i>	<i><b>Vastuuvollisuus</b></i>
<i>Tieteenaloittaisen tiedontuotannon ongelma</i>	Tiedon fragmentaatio	Piittaamattomuus yhteiskunnan tarpeista
<i>Tiedon luonne</i>	Fundamentaalin	Kommunikatiivinen
<i>Totuuden kriteeri</i>	Yhtenäisyys	Yhteisymmärrys
<i>Oikeutus</i>	Kokonaisvaltaisuus	Relevanssi
<i>Vastuuvollisuus (kenelle?)</i>	Useat eri tieteenalat (ja muut tiedon tuottajat)	Kaikki osalliset, ml. tutkimuksesta hyötyjät ja kärsijät
<i>Politiikka</i>	Yhteensovittaminen	Julkinen keskustelu

Tiedon *integraatiota* pidetään useimmiten poikkitieteellisen tutkimuksen pääasiallisena tavoitteena ja menetelmänä (esim. Pohl ym. 2008; Klein 2011). Taustalla on oletus siitä, että integroimalla näennäisesti erilliset tietämykset yhtenäiseksi kokonaiskuvaksi saadaan parempi käsitys kompleksisista ilmiöistä. Olipa tutkimuksen tavoite instrumentaalinen, kuten käytännön ongelman ratkaiseminen, tai epistemologinen, kuten moniulotteisen ilmiön ymmärtäminen, tutkimusprosessin ytimessä on asiaa koskevan tietämyksen, käsitteiden, metodien ja osaamisen integrointi (esim. Boix Mansilla 2010). Tiedon integraatio voi koskea eri tieteenaloja (*interdisciplinarity*) tai myös tieteen ulkopuolisten toimijoiden tietämystä (*transdisciplinarity*), mutta pyrkimyksenä on tuottaa monitahoista, kokonaisvaltaista tietoa. Integraation ihanne on luonnehtinut ympäristön tutkimusta alusta alkaen, mikä kuuluu jo luonnonsuojelija Aldo Leopoldin klassisessa puheenvuorossa: "Luonnontieteitä ja humanistisia aloja opetetaan ikään kuin ne olisivat erillisiä. Ne ovat erillisiä vain luokahuoneessa. Kampuksen ulkopuolella ne ovat välittömästi sulautuneet toisiinsa. Maan ekologia on eri tieteiden laittamista yhteen ympäristön ymmärtämiseksi." (Leopold 1999 [1942], kirjoittajan käännös).

Toinen lähestymistapa poikkitieteellisyteen on yhteiskunnallinen *vastuuvollisuus (accountability)*, joka lienee syynä poikkitieteellisyys-retoriikan lisääntymiseen nykyisessä tiedepoliittisessä ilmastossa (esim. Frodeman 2011). Tiedon tuottajien lisäksi myös tiedon *vastaanottajilla tai käyttäjillä* nähdään olennainen rooli tiedontuotantoa koskevissa kysymyksissä, ja heidän kuuntelemistaan pidetään osana tieteen yhteiskunnallista tehtävää (Nowotny ym. 2002; Strathern 2004). Koska tutkimuksen tavoitteet ovat sidoksissa arvoihin ja politiikkaan, tiedontuotannon eristäminen muusta yhteiskunnasta ei ole mahdollista eikä perusteltua (esim. Fuller 2000; Jasanoff 2003). Etenkin ympäristö- ja kestävyyskysymysten kohdalla erilaisten toimijoiden intressien huomioimiselle on selvät moraaliset ja poliittiset perusteet.

Yhteiskunnalliseen vastuuvollisuuteen nojaten on esitetty teesejä "post-normaalista" (Funtowicz & Ravetz 1990, 1993) ja "moodi 2" (Gibbons ym. 1994; Nowotny ym. 2002) tieteestä. Nämä kuvaukset ovat haastaneet tieteen aseman ylimpänä tiedollisena auktoriteettina, ja esittäneet tilalle tiedontuotannon mallia, jossa "faktat ovat epävarmoja, arvoista kiistellään, panokset ovat korkealla ja päätökset kiireellisiä" (Funtowicz & Ravetz 1993: 744, kirjoittajan suomennos).

Nämä kaksi lähestymistapaa poikkitieteellisyyteen ovat osin riippuvaisia toisistaan, mutta ne eivät palaudu toisiinsa. Ne ovat myös eri tavoin kytkeytyneet keskusteluihin kestävästä kehityksestä. Ekologisen kestävyyspuolesta puhujat tyypillisesti korostavat eri alojen tietämyksen integrointia kestävyysymmärtämiseksi (esim. Kates ym. 2001), kun taas humanistit ja yhteiskuntatieteilijät näkevät poikkitieteellisen tutkimusagendan useammin sosiaalisena, poliittisena ja normatiivisena kysymyksenä (esim. Miller 2013; Schoenberger 2001). Kumpikaan näkökulma ei kuitenkaan tunnu tarjoavan epistemologisesti toimintakykyistä lähtökohtaa pirullisten ongelmien pureskeluksi. Integraation ihanne nojaa usein naiiviin tieteelliseen realismiin, jonka mukaan tieteenalojen kuvaukset ilmiöistä heijastavat eri osia maailmasta sellaisena kuin se on. Esimerkiksi valtaviiran ilmastotiede (ks. IPCC 2013) ja ekosysteemien arviointi (ks. MA 2003) perustuvat oletukselle, että eri tieteenalojen havaintojen välinen suhde on looginen tai käsitteellinen, jolloin poikkitieteellisyyden ihanteena on löytää asioiden väliset (ontologiset) yhteydet ja siten saada "todellisempi" kuva ilmiöistä. Ajatus vastuuvollisuudesta puolestaan suuntaa huomion pois tiedon epistemologisesta perustasta kohti demokraattisempaa ja sosiaalisesti kestävämpää tiedon tuotantoa. Pirullisten ongelmien valossa näyttäisi kuitenkin tarpeelliselta tarkastella tiedon rakennetta tarkemmin.

### **Tiedon paradoksi**

Ongelmat eivät ole objektiivisesti olemassa, vaan riippuvat arvoista, tulkinnoista ja odotuksista. Balint kollegoineen (2011) määrittelee ongelman asioiden nykytilan ja niiden toivotun tilan välisenä eroavuutena, ja ratkaisun jonakin, joka eliminoi tämän eroavuuden. Tavanomaisissa, "kesyissä" ongelmissa osallisten välillä vallitsee yhteisymmärrys tämän eroavuuden olemassaolosta ja luonteesta. Pirullisissa ongelmissa sen sijaan ongelmaa indikoiva eroavuus selitetään usealla eri tavalla, ja kukin näistä tavoista johtaa myös etsimään erityyppisiä ratkaisuja. Ongelman luonteesta vallitsee jokseenkin pysyvä epäselvyys tai monitulkintaisuus. Usein kyse ei olekaan vain yhdestä ongelmasta vaan monesta toisiinsa liittyvästä kysymyksestä, joita nousee esiin ongelmaa määriteltäessä.

Ajatellaan vaikkapa liikenteen aiheuttamia ongelmia. Liikenne on yksi pahimmista globaaleista ja lokaaleista saastuttajista sekä öljyn kuluttajista, ja sillä on huomattavia vaikutuksia terveyteen ja turvallisuuteen. Se

edellyttää raskasta infrastruktuuria, joka vaikuttaa maankäyttöön ja sitä kautta kaupunkiympäristöihin ja eliölajien elinympäristöihin. Kun fossiilisia polttoaineita ryhdytään korvaamaan biopolttoaineilla, jotka ovat uusiutuvia ja tuottavat vähemmän niin hiilidioksidi- kuin hiukkaspäästöjäkin, biopolttoaineiden kasvava kysyntä aiheuttaa viljelyskäytössä olevan maa-alan laajenemista ja nostaa ruuan hintoja, millä on tuhoisia seurauksia tietyillä alueilla. Laajat infrastruktuurihankkeet puolestaan voivat vähentää ajoneuvojen päästöjä etenkin tulevaisuudessa, mutta rakenteet itsessään kuormittavat luonnon- ja kaupunkiympäristöjä entisestään. Matkustaminen ja tavaroiden liikkuminen ovat välttämättömiä toimintoja nykyisissä yhteiskunnissa ja tärkeitä taloudellisen ja yhteiskunnallisen hyvinvoinnin osatekijöitä, joten vapaa liikkuvuus nähdään yleensä toivottavana. Samalla on kuitenkin huomioitava, että nopeat liikkumismuodot eivät ole kaikkien saatavilla, eikä kaikilla ole varaa tai halua matkustaa pitkiä matkoja. Liikenteen tehostaminen ei siis palvele kaikkia, kun taas useimmat ihmiset joutuvat kärsimään sen haittavaikutuksista (Banister, painossa). Kun otetaan huomioon liikenneteknologiaan liittyvät epävarmuudet ja riskit sekä kestävän liikkuvuuden yhteiskunnalliset ja taloudelliset reunaehdot, on epäselvää, mitä voidaan pitää ratkaisuna tai edes lievennyksenä liikenteen ongelmiin.

Pirullisten ongelmien tapauksessa kaikki ratkaisut näyttävät riittämättömiltä, koska ongelman ratkaiseminen paljastaa uusia ulottuvuuksia sen luonteesta, eikä ole olemassa kriteeriä sille, milloin riittävä ymmärrys ongelman taustalla olevista kysymyksistä on saavutettu. Mikään ratkaisu ei myöskään ole lopullinen, koska ongelmat ovat dynaamisia, yhteiskunnalliset ja tieteelliset parametrit muuttuvat ajan myötä, ja jokainen toimeenpantu ratkaisu tuottaa monenlaisia seurauksia pitkällä aikavälillä. Ongelmia toisiinsa liittävät kausaaliset ketjut ovat päättymättömiä, ja aina voidaan tehdä uusia ponnisteluja paremman ratkaisun löytämiseksi (Balint ym. 2011). Sama logiikka ajaa myös teknologian kehitystä, joka voidaan nähdä prosessin kääntöpuolena. Uudet teknologiat muodostavat potentiaalisia alkioita seuraaville teknologioille synnyttämällä uusia "tarpeita" tai mahdollisuuksien lokeroita yhä uusille teknologioille, mukaanlukien niiden tuki- ja organisointijärjestelmät (Arthur 2009).

Pirulliset ongelmat nostavat esiin kysymyksiä siitä, miten ihmiset, organisaatiot ja muut oppivat järjestelmät – mukaanlukien tieteenalat – havainnoivat ympäröivää maailmaansa ja reagoivat siihen. Kysymysten pohdinta paljastaa joitakin järjestäytyneen tiedontuotannon aiheuttamia epistemologisia haasteita, joita ei nähdäkseni ole kunnolla sisäistetty poikkitieteellisyyttä koskevassa keskustelussa. Kumpikaan yllä kuvattu teoreettinen lähestymistapa ei huomioi tiedon paradoksaalista luonnetta: Rakenteet, joihin tieto perustuu, tuottavat aina myös sokeutta, koska "tapa nähdä jotakin on aina, samaan aikaan, tapa olla näkemättä jotakin muuta" (Burke 1984 [1933]: 49). Tiedon integraatiopyrkimykset eivät ota huomioon sitä, että integrointi on mahdollista vain jostakin tai jonkun näkökulmasta (ks. Schoenberger 2001). Mahdollistaessaan uusia oivalluksia integrointi siirtää "sokeapisteen" jonnekin muualle, eli



integraatioprosessiin itseensä. Yhteiskunnallisen vastuuvollisuuden logiikka puolestaan oikeuttaa tiedon viime kädessä poliittisin, ei epistemologisin perustein (Huutoniemi 2012b). Samalla se kadottaa näköpiiristä tieteellisen tiedon erityisaseman – toisin sanoen unohdetaan se historiallinen jatkumo ja institutionaalinen oppiminen, johon tieteellinen tieto perustuu.

Yleismaailmallisen, havainnoijasta riippumattoman tiedon puuttuminen ei kuitenkaan tarkoita epistemologian loppua eikä merkitse sitä, että tieto olisi pelkkää politiikkaa, vaikka tämänsuuntaisia käsityksiä esitetäänkin (esim. Ravetz ym. 2013). Vastuuvollisuuden logiikkaan sisältyvä pyrkimys tiedontuotannon demokratisoimiseen on arvokas sinänsä, mutta poikkitieteelliseltä tutkimukselta voisi odottaa enemmänkin. Eihän ole selvää, että osallisten näkemykset esimerkiksi tietystä kestävyyskysymyksestä olisivat tiedollisesti yhtä arvokkaita, vaikka niiden arvokkuudelle ei voitaisikaan asettaa yleisiä kriteerejä. Näkemysten arvo punnitaan kussakin tilanteessa, joka asettaa mittapuun erilaisten argumenttien ja uskomusten käyttökelpoisuudelle ja saattaa myös muuttaa niitä. Osallisten keskinäinen tiedonvaihto ei välttämättä johda konsensukseen, mutta se voi saada osapuolet tietoisiksi asioista joita he eivät aiemmin tiedostaneet tai jotka he ottivat annettuina, ja tarkastelemaan tilannetta uudelta kantilta (ks. Huutoniemi 2012a; Fuller 1993; Stark 2009).

Kuten olen edellä kuvannut, kestävyyskysymykset eivät ole selkeän muotoisia, vaan ilmenevät sotkuisina, epämääräisinä ongelmatilanteina. Lisäksi kysymykset koskevat paljon tulevaisuutta, joka on avoin erilaisille kehityskuluille eikä siten ole vielä tiedettävissä. Tällainen vyyhti tai "sotku" (*mess*) on tyytymättömyyttä aiheuttavien olosuhteiden joukko, kun taas "ongelma" on jäsentymättömästä epäjärjestyksen tilasta abstrahoitu selkeärakenteinen elementti. Sotkun selvittäminen ei ole siitä erotettujen ongelmien ratkaisujen summa, koska sotkua ei voida yksiselitteisellä tavalla hajottaa osaongelmiksi. Vyyhti voidaan käsittää ongelmien systeemiksi, jota tulisi lähestyä kokonaisuutena (Ackoff 1974). Tällainen systeemi ei kuitenkaan ole havainnoijasta riippumaton, vaan se voidaan hahmottaa ja rajata eri tavoin (Ison 2010).

Poikkitieteellisyyden vahvuus on siinä, että se lupaa ennen kaikkea setviä vyyhteä, ei ratkaista siitä erotettuja erityisiä ongelmia. Poikkitieteellisyyttä luonnehtiikin päättely tai pohdinta, joka on epävakaampi ja tilapäisluonteisempi kuin tieteenaloittaisen tutkimuksen ongelmanratkaisu. Tutkimusstrategioiden muuttuvaisuus tai tilannesidonnaisuus on myös asia, joka nähdäkseni selkeiten erottaa poikkitieteellisyyden niin monitieteisyydestä kuin tieteidenvälisyydestäkin. Jos *monitieteisyys* viittaa tiedollisten viitekehysten rajat ylittävään yhteistyöhön ilman tiedon sisällöllistä koordinoitua, ja *tieteidenvälisyys* viittaa tiedon koordinointiin tietyn integroivan konseptin kautta (ks. Huutoniemi ym. 2010), niin *poikkitieteellisyys* viittaa tiedon koordinointiin tietyn tilanteen avaamien mahdollisuuksien mukaisella tavalla.

Poikkitieteellisen tutkimuksen *ad hoc* luonteesta huolimatta – tai kenties juuri sen takia – kiinnostus sen käytäntöjen määrittelemiseen on jyrkässä kasvussa (esim. Pohl ym. 2007; Repko 2008). Käytännön viisauden taltioinnissa ja välittämisessä on oppimisen siemen, mutta vaarana on tiettyjen tutkimustapojen esineellistäminen siinä määrin, että poikkitieteellisyydestä tulee uusi itsensä oikeuttava tiedontuotannon instituutio – ja tässä mielessä oma tieteenalansa. Välttäisin siis kovin pitkälle menevää määritelmää poikkitieteellisen tutkimuksen luonteesta ja pelisäännöistä, ja sen sijaan pyrkisin helpottamaan sotkuisten ongelmatilanteiden kohtaamista. Poikkitieteellisyyden edistämiseksi ei nähdäkseni kannata investoida tietyn metodiikan kehittelyyn, vaan kykyymme operoida monenlaisten logiikoiden ja tiedollisten konstruktioiden maailmassa.

### **Heuristinen lähestymistapa pirullisiin ongelmiin**

Poikkitieteellinen tutkimus edellyttää taitoja kohdata asioiden kompleksisuus ja hahmottaa epämääräiset ongelmatilanteet mielekkäällä tavalla, osana laajempaa kokonaisuutta. Sotkun selvittämiseen ei ole valmiiksi pureskeluja sääntöjä tai ratkaisumalleja, mutta siitä huolimatta pystymme usein tekemään eron paremmin ja huonommin toimivan ratkaisustrategian välillä. Näyttäisi siis siltä, että menestys riippuu käsillä olevan ongelmatilanteen ja sen lähestymistavan yhteensopivuudesta. Kognitiotieteessä tämä oletus tunnetaan nimellä Simon's scissors sen kehittäjän Herbert Simonin (1990) mukaan: Samoin kuin saksien toimintaa ei voi ymmärtää katsomalla vain niiden toista puoliskoa, inhimillistä toimintaa ei voi ymmärtää tarkastelemalla joko kognitiota tai ympäristöä yksinään (Gigerenzer 2008a).

Vertaus nostaa esiin *heuristiikan* käsitteen. Heuristiikka on kognitiivinen käsite, joka viittaa tiedon käsittelyn tapoihin muun muassa tietojenkäsittelytieteessä, päätöksenteossa ja ihmisen käyttäytymisessä.

Heuristiikka on epäformaali ja epätäydellinen menetelmä ongelmanratkaisuun tai päätöksentekoon. Se on strategia, joka jättää huomiotta pääosan tarjolla olevasta informaatiosta hyödyntäen vain joitakin osia siitä (Gigerenzer 2008b). Heuristiikan käyttö helpottaa ajattelua ja ongelmanratkaisua, mutta ei takaa oikeaa lopputulosta. Heuristiikat eivät ole hyviä tai huonoja itsessään, vaan ratkaisevaa on niiden "ekologinen rationaalisuus", eli kuinka hyvin ne soveltuvat kulloiseenkin ongelmatilanteeseen. Heuristisen lähestymistavan soveltaminen poikkitieteelliseen tutkimiseen kääntää huomion tutkimuksen metodiikasta eräänlaiseen *tilannetajuun*, joka kuvaa kykyä hahmottaa ja vertailla erilaisia tutkimuksellisia vaihtoehtoja. Kuten kognitiivisessa heuristiikan analyysissa lähtökohtana on ajattelun ja ympäristön – ei siis ajattelun ja logiikan – välinen suhde, poikkitieteellisen tutkimisen lähtökohtana voitaisiin pitää saksivertausta eli tutkimuksellista tilannetajua teknisen tai analyttisen rationaalisuuden sijaan. Tämä käännös olisi edistyksellinen monestakin syystä.

Ensinnäkin menetelmillä on rajansa, kun ollaan tekemisissä usean tiedollisen kulttuurin kanssa. Tietty menetelmä rationalisoi toimintaa vain niissä kulttuureissa, joissa sillä on vakiintunut asema. Kulttuurin ulkopuolella tai reunamilla menetelmälliset lähestymistavat muuttuvat heuristisiksi työkaluiksi, joiden status on epävarma ja riippuvainen siitä, miten niiden mukanaan kuljettamat olettamukset selittämisen perusteista sopivat käsillä olevaan tilanteeseen (ks. Haila 2006; Huutoniemi, painossa [b]). Koska pirulliset ongelmat eivät lähtökohtaisesti kuulu minkään tieteenalan toimintakenttään, eivätkä ne siten ole sukua millekään tietylle joukolle tieteellisiä ongelmia, niiden ratkaisemiseen ei ole valmista mallia.

Toiseksi, menetelmien konsolidaatio ei liene todennäköistä, kun ollaan tekemisissä pirullisten ongelmien kanssa. Empiirisenä ja historiallisena kategoriana tieteellinen menetelmä viittaa toimintaan, joka onnistuessaan tuottaa jossain määrin yhdenmukaisia ja ennustettavia tuloksia. Menetelmällisyys kasvaa tieteenalan ikääntyessä ja sen perustan ja paradigman kypsyessä. "Normaalitiede" selittää ja perustelee itsensä sääntövetoisena ja systemaattisena, kun taas uusilla tai fragmentoituneilla aloilla ja alojen rajamailla vaalitaan taituruutta, henkilökohtaista tietämystä ja luovia kykyjä, jotka eivät ole pelkällä muodollisella koulutuksella saavutettavissa (Fuchs 2001: 53, 243; Whitley 1984: 119). Pirulliset ongelmat hylkivät ratkaisuyrityksiä eivätkä erityisemmin tue sääntöveltoista tai systemaattista toimintaa. Sikäli kun poikkitieteellisyydellä pyritään edistämään ympäristöllistä ja yhteiskunnallista kestävyyttä, eikä niinkään sen omaa institutionaalista kehitystä, tutkimuksen epistemologista ydintä lienee mahdotonta "kesyttää". Vaikka sopeutuvaa oppimista voi tapahtua yrityksen ja erehdyksen kautta, oppiminen pääsee harvoin kumuloitumaan: pirullisten ongelmien epävakaa maailmassa menetelmät ja teoriat, jotka on kehitelty tietyssä kontekstissa, eivät ehkä sellaisenaan toimi muualla.

Kolmanneksi, tiukan metodisen käytännön edellyttämä ammattimaisuus ei ole omiaan edistämään kestävyyttä yleisempänä yhteiskunnallisena pyrintönä. Samalla kun menetelmien vakiinnuttaminen mahdollistaa oppimisen ja tiedon kumuloitumisen tietyllä alalla, se luo rajan asiantuntijoiden ja amatöörien välille, ja tekee siten tutkimuksen immuuniksi ulkopuoliselle palautteelle ja kehityspaineille. Vaikka ratkaisumallien erikoistuminen on luontevaa monilla ongelmalähtöisillä aloilla – mukaanlukien tekniset alat, hoitotieteet, suunnittelutieteet, muotoilu jne. (esim. Cross 2007) – se sopii kuitenkin huonosti kestävyystutkimukseen, jonka kysymyksenasettelut koskettavat laajaa ja kirjavaa joukkoa toimijoita. Ratkaisujen etsiminen ei siis voi olla täysin asiantuntijaveltoista, vaan sen on pysyttävä avoimena vaihtelevien tilanteiden ja toimijoiden tarpeille.

Huomion kääntäminen metodologiasta heuristiikkaan ei ole kehoitus luopua systemaattisesta tiedon tavoittelusta, ainoastaan yleispätevien kriteerien tavoittelusta. Tässä mielessä heuristinen lähestymistapa

on lähellä pragmatismia (esim. Dewey 1929). Pragmatismi näkee tiedon osana käytäntöä, ja korostaa menetelmien mukautumista yrityksen ja erehdyksen seurauksena. Totuus ja tieto vertautuvat siihen mikä "toimii", mutta kuten yhteiskuntateoreetikko Stephan Fuchs (2001: 68–69) toteaa, kyse ei ole jonkin yksittäisen osan toimivuudesta, vaan kokonaisesta systeemistä. Eri tavoin rajatut systeemit kuitenkin toimivat eri lailla ja tuottavat erilaisia tuloksia. Tieto on järkeenkäypää joillekin havainnoijille tietyssä ajassa. Tieteellinen "totuus" ei johdu tiedon universaalista objektiivisuudesta, vaan sen juurtumisesta käytäntöihimme ja vakiintumisesta osaksi teknologioita, joilla todellisuutta tuotamme (Lenoir 1993: 72).

Sen sijaan, että heuristiikka olisi jokin kotikutoinen tai toisarvoinen vaihtoehto menetelmällisyydelle, se näyttäisi perustellulta lähestymistavalta pirullisten ongelmien maailmassa. Tieteentekemistä koskeva empiirinen tutkimus viittaa siihen, että menetelmän muodolliset säännöt ja tutkijoiden toiminta ovat joka tapauksessa vain löyhästi sidoksissa toisiinsa (Law 2004; Shapin 1995). Menetelmä jäsentää virallista, ulkopuolista kuvaa tieteenalan toiminnasta, mutta tosiasiaa tutkiminen on harvoin sääntöveltoista tai algoritmista, koska menettelytapoja ei voida täysin suunnitella eikä rutinoida. Menetelmät kuitenkin helpottavat tutkimustulosten keskinäistä vertailtavuutta tieteellisen kommunikaation laajemmissa verkostoissa. Menetelmä ei määritä askel askeleelta miten tietty tutkimus suoritetaan, vaan ilmaantuu kuvaan myöhemmin, kun kyseisen tutkimuksen tulokset kytketään muihin samankaltaisen tutkimuksen tuloksiin (Fuchs 2001: 242–243).

Vaikka heuristiikkaa ei juuri ylistetä tieteellisessä keskustelussa, sen on osoitettu olevan keskeinen osa niin asiantuntijoiden kuin maallikoidenkin ongelmanratkaisua (Dreyfus & Dreyful 2005; Kahneman ym. 1982). Sitä pidetään hyödyllisenä avuna ideoiden synnyttämiseksi ja välittämiseksi sekä hankalista ongelmatilanteista selviämiseksi. Kun asiantuntijoilta tiedustellaan heidän tutkimismetodejaan, he viittaavat usein kokemukseen, yrityksen ja erehdyksen kautta etenemiseen, intuitioon tai eteenpäin räppimiseen (*muddle through*) (Schön 1983, 2001). Heuristiikka on myös olennainen, joskin harvemmin artikuloitu elementti tieteellisissä löydöissä. Keksimisen vauhdittamiseksi tutkijat käyttävät erilaisia mentaalisia siirtoja tai strategioita. Kuten vaikkapa shakkipelissä, nämä strategiat ovat tapoja avata, kehittää ja toteuttaa mahdollisuuksia. Jotkin heuristiikat liittyvät argumentaation ja selittämisen yleiseen luonteeseen, kun taas toiset ilmenevät tiettyjen tieteenalojen käsitteissä ja käytännöissä (Abbott 2004).

### **Poikkitieteellistä heuristiikkaa etsimässä**

Useimmat tieteellisen ongelmanratkaisun heuristiikkaa koskevat keskustelut käsittelevät "normaalitiedettä" tai "kesyjä" tilanteita, joissa ongelmat ovat selkeästi määriteltyjä, tavoitteet jokseenkin selvillä, ja tarkasteltavat ilmiöt istuvat tarjolla oleviin teoreettisiin malleihin. Tällöin heuristiikalla viitataan

niihin mentaalisiin operaatioihin, joiden avulla asiantuntijat käyvät käsiksi ongelmiin. Alan keskeinen urauurtava teos, George Pólyan *How to Solve It* (1957), käsittelee matemaattisia ongelmia, ja esittää lukuisia konsteja ja skeemoja hankalien ongelmien selättämiseksi. Pólyan mukaan ongelmanratkaisu sisältää neljä keskeistä askelta: (1) ongelman ymmärtäminen, (2) sen ratkaisemiseen tähtäävän suunnitelman laatiminen, (3) suunnitelman toteuttaminen, ja (4) ratkaisun tarkasteleminen ja arviointi. Sosiologi Andrew Abbottin (2004) mukaan suurin osa tieteellisestä tutkimuksesta voidaan ymmärtää ylläkuvatun heuristiikan rutinoitumisena. Tällainen heuristiikka on luonteeltaan "lisäävää": aiempaan tutkimukseen lisätään uutta dataa, uusi analyyttinen ulottuvuus tai uusi teoreettinen näkökulma.

Kun ongelmat ovat huonosti määriteltyjä, tavoitteet ristiriitaisia tai ilmiöt vastustavat tarjolla olevia selityksiä, ongelmanratkaisu ei ole enää rutiinitehtävä. Rutiinit, jotka toimivat tutkimusparadigman sisällä, voivat muuttua haitallisiksi. Tällöin menestyksellinen heuristiikka on monimutkaisempaa, sillä sen on palveltava ongelman määrittelyä siinä missä sen ratkaisuakin. Yhteiskuntatieteiden heuristiikkaa tarkasteleva Abbott esittääkin, että tutkijan älyllisenä haasteena ei ole löytää ratkaisuja johonkin yleisesti hyväksyttyyn ongelmaan, vaan löytää tapa viedä alan tutkimusta eteenpäin. Kyseessä ei ole selkeästi jäsentynyt ongelma. Yhtäältä yhteiskuntatieteilijä tarvitsee välineitä kyseenalaistaa jotakin aiemmin sanottua ja muuntaa se uusiksi ideoiksi. Toisaalta hän tarvitsee välineitä erottamaan hyvät ideat huonoista. Tehtävän menestyksellinen suorittaminen edellyttää muun muassa mielikuvitusta, ja sitä voi helpottaa heuristisilla työkaluilla (Abbott 2004: 85). Abbott esittelee joukon tähän sopivia heuristiikkoja, jotka hän jäsentelee etsimis-, argumentti-, kuvailu-, kerronta- ja fraktaalheuristiikoiksi ja niiden variaatioiksi.

Kysymys ei kuitenkaan ole yhteiskuntatieteiden erityispiirteestä, vaan koskee ajattelun rajoja ja niiden ylittämistä laajemmin. Kuten Pólya (1954) esittää, uuden tiedon tavoittelu lähtee liikkeelle arvaamisesta, jonka tärkeimmät muodot ovat induktio ja analogia. Molemmat menetelmät tähtäävät uskottavaan päättelyyn rinnastamalla uudentyypinen ilmiö jo tunnettujen ilmiöiden kanssa (ks. Haila 2010). Poikkitieteellisen oivaltamisen haaste näyttäisikin liittyvän siihen, miten irtautua kaavamaisesta päättelystä ja löytää hedelmällinen analogia epämääräisen ongelmatilanteen haltuunottamiseksi. Haaste ei niinkään muistuta Kuhnilaista (1977) jännitettä traditionaalisen ja innovatiivisen välillä, kuten Abbottin tulkinnessa, vaan tulee lähemmäksi ammatinharjoittajan dilemmaa täsmällisyyden ja relevanssin välillä. Käytännön epistemologiaa tutkineen Donald Schönin mukaan ammattitaitoinen, täsmällinen toiminta on riippuvainen selkeästi määritellyistä ongelmista, ja "kuvattavissa, testattavissa ja toistettavissa olevista toimintatavoista . . . jotka perustuvat objektiiviseen, konsensuaaliseen, kumulatiiviseen ja tarkentuvaan tietoon" (Schön 2001: 5, kirjoittajan suomennos). Monisyiset reaali maailman ongelmat harvoin kuitenkaan ratkeavat ammattitaidolla: Relevanttien ratkaisuyritysten tekeminen ei perustu täsmälliseen osaamiseen, vaan arvaamisen taitoon.

Mitä heuristinen käänne poikkitieteellisessä tutkimuksessa sitten tarkoittaisi? Ensinnäkin se herkistäisi tutkijan lähestymään tutkimuskohteitaan potentiaalisina pirullisina ongelmina ja ottamaan niiden epämääräisyyden ja kompleksisuuden paremmin huomioon. Tämä edellyttää niin ongelman kehystämistapojen kuin toimintavaihtoehtojenkin puntarointia ja kokeilua, useimmiten lennossa: mitä ongelmaa ollaan ratkaisemassa, mistä siinä on kyse, ja millaista ratkaisustrategiaa käytetään? Toiseksi se johtaisi arvioimaan tutkimuksen laatua sen ratkaisukyvykkyyden tai tutkimuksellisen tilannetajun näkökulmasta. Poikkitieteellisen heuristiikan yhteensopivuus reaali maailman ongelmien kanssa on kuitenkin huomattavasti monitulkintaisempi kysymys kuin esimerkiksi kognitiivisten heuristiikkojen "ekologisen rationaalisuuden" arviointi (ks. Gigerenzer 2008a). En väitä tietäväni, miten ero hyvän ja huonon tilannetajun välillä pitäisi tehdä, mutta väitän, että tämä on haaste joka poikkitieteellisen tutkimuksen on otettava vastaan.

Artikkeli perustuu painossa olevan teoksen "Transdisciplinary Sustainability Studies: A Heuristic Approach" (toim. Katri Huutoniemi & Petri Tapio, Routledge 2014) johdantolukuun "Introduction: Sustainability, transdisciplinarity and the complexity of knowing".

### Kiitokset

Kiitän Koneen Säätiötä post doc -hankkeeni "Ratkaisukeskeisen ympäristötutkimuksen sosio-epistemologisia lähtökohtia" rahoituksesta. Kiitän myös yllä mainitun teoksen muita kirjoittajia ideoiden kehittelystä sekä artikkelikäsitelmän arvioinnista henkilöä hyödyllisistä huomioista.

### Lähteet

- Abbott, A. (2004) *Methods of Discovery: Heuristics for the Social Sciences*. New York & London: W.W. Norton & Company.
- Ackoff, R.L. (1974) The systems revolution. *Long Range Planning* 7: 2–5.
- Arthur, W.B. (2009) *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. London: Penguin Books.
- Balint, P.J., Stewart, R.E., Desai, A., Walters, L.C. (2011) *Wicked Environmental Problems: Managing Uncertainty and Conflict*. Washington: Island Press.
- Banister, D. (painossa). Heuristics for framing sustainability problems in transport. Teoksessa Huutoniemi, K., Tapio, P. (toim.) *Transdisciplinary Sustainability Studies: A Heuristic Approach*. London: Routledge.
- Boix Mansilla, V. (2010). Learning to synthesize: The development of interdisciplinary understanding. Teoksessa Frodeman R., Klein, J.T., Mitcham, C. (toim.) *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford: Oxford University Press.

- Brown, V.A., Harris, J.A., Russell, J.Y. (toim.) (2010) *Tackling Wicked Problems through Transdisciplinary Imagination*. London: Earthscan.
- Burawoy, M. (2005) 2004 Presidential address: For public sociology. *American Sociological Review* 70: 4–28.
- Burke, K. (1984) [1933] *Permanence and Change*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Caldwell, L.K. (1983) Environmental studies: Discipline or metadiscipline? *The Environmental Professional* 5: 249–259.
- Cross, N. (2007) *Designerly Ways of Knowing*. Basel: Birkhäuser.
- Dewey, J. (1929) *The Quest for Certainty: A Study of the Relation of Knowledge and Action*. New York: Minton, Balch & Company.
- Dreyfus, H.L., Dreyfus, S.E. (2005) Expertise in real world contexts. *Organization Studies* 26: 779–792.
- Frodeman, R. (2011) Interdisciplinary research and academic sustainability: Managing knowledge in an age of accountability. *Environmental Conservation* 38(2): 105–112.
- Fuchs, S. (2001) *Against Essentialism: A Theory of Culture and Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Fuller, S. (1993) *Philosophy, Rhetoric and the End of Knowledge*. Madison, WI: University of Wisconsin Press.
- Fuller, S. (2000) *The Governance of Science: Ideology and the Future of the Open Society*. Philadelphia: Open University Press.
- Funtowicz, S., Ravetz, J. (1990) *Uncertainty and Quality in Science for Policy*. Dordrecht: Kluwer.
- Funtowicz, S., Ravetz, J. (1993) Science for the post-normal age. *Futures*, September 1993: 739–755.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., Trow, M. (1994) *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: Sage.
- Gigerenzer, G. (2008a) *Rationality for Mortals: How People Cope with Uncertainty*. Oxford: Oxford University Press.
- Gigerenzer, G. (2008b) Why heuristics work. *Perspectives on Psychological Science* 3(1): 20–29.
- Haila, Y. (2006) Atomistisen ajattelun vastustamaton viehätys. *Tieteessä Tapautuu* 6/2006: 11–18.
- Haila, Y. (2010) Ajattelun dynaamisuudesta. *Tiede & Edistys* 4/2010: 292–305.
- Huutoniemi, K. (2012a) Communicating and compromising on disciplinary expertise in the peer review of research proposals. *Social Studies of Science* 42(6): 900–924.
- Huutoniemi, K. (2012b) *Interdisciplinary Accountability in the Evaluation of Research Proposals: Prospects for Academic Quality Control across Disciplinary Boundaries*. Publications of the Department of Social Research, University of Helsinki 2012:17, Helsinki: University of Helsinki.
- Huutoniemi, K. (painossa [a]) Introduction: Sustainability, transdisciplinarity and the complexity of knowing. Teoksessa Huutoniemi, K., Tapio, P. (toim.) *Transdisciplinary Sustainability Studies: A Heuristic Approach*. London: Routledge.

- Huutoniemi, K. (painossa [b]) *Vertaileva tapaustutkimus*. Teoksessa Massa, I. (toim.) Menetelmäpoluilla: Lähestymistapoja yhteiskuntatieteelliseen ympäristötutkimukseen. Helsinki: Gaudeamus.
- Huutoniemi, K., Klein, J.T., Bruun, H., Hukkinen, J. (2010) Analyzing interdisciplinarity: Typology and indicators. *Research Policy* 39(1): 79–88.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*, 7 June 2013.  
[http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5\\_WGI-12Doc2b\\_FinalDraft\\_All.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_All.pdf)
- Ison, R. (2010) *Systems Practice: How to Act in a Climate Change World*. London: Springer.
- Jasanoff, S. (2003) (No?) Accounting for expertise. *Science and Public Policy* 30(3): 157–162.
- Kahneman, D. Tversky, A., Slovic, P. (toim.) (1982) *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopin, G.C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N.S., Kasperson, R.E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore, B., O'Riordan, T., Svedin, U. (2001) Sustainability science. *Science* 292(5517): 641–642.
- Klein, J.T. (1996) *Crossing Boundaries: Knowledge, Disciplinarity, and Interdisciplinarity*. Charlottesville, VA: University Press of Virginia.
- Klein, J.T. (2010) A taxonomy of interdisciplinarity. Teoksessa Frodeman, R., Klein, J.T., Mitcham, C. (toim.) *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford: Oxford University Press.
- Klein, J.T. (2011) Research integration: A comparative knowledge base. Teoksessa Repko, A.F, Newel, W.H., Szostak, R. (toim.) *Case Studies in Interdisciplinary Research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Krohn, W. (2010) Interdisciplinary cases and disciplinary knowledge. Teoksessa Frodeman, R., Klein, J.T., Mitcham, C. (toim.) *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford: Oxford University Press.
- Kuhn, T.S. (1977) *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Law, J. (2004) *After Method: Mess in Social Science Research*. London: Routledge.
- Lenoir, T. (1993) The discipline of nature and the nature of disciplines. Teoksessa Messer-Davidow, E., Shumway, D.R., Sylvan, D.J. (toim.) *Knowledges: Historical and Critical Studies in Disciplinarity*. Charlottesville, VA: University Press of Virginia.
- Leopold, A. (1999) [1942] The role of wildlife in a liberal education. Teoksessa Flader, S., Callicott, J.B. (toim.) *The River of the Mother of God and Other Essays by Aldo Leopold*. Madison, WI: University of Wisconsin Press.
- MA, Millennium Ecosystem Assessment (2003) *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Washington DC: Island Press.



- Miller, T.R. (2013) Constructing sustainability science: Emerging perspectives and research trajectories. *Sustainability Science* 8(2): 279–293.
- Morin, E. (2008) *On Complexity*. Cresskill, NJ: Hampton Press.
- Murphy, R. (2012) Sustainability: A wicked problem. *Sociologica* 2/2012.
- Nowotny, H., Scott, P., Gibbons, M. (2002) *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Pohl, C., Hirsch Hadorn, G. (2007) *Principles for Designing Transdisciplinary Research: Proposed by the Swiss Academies of Arts and Sciences*. München: oekom Verlag.
- Pohl, C., van Kerkhoff, L., Hirsch Hadorn, G., Bammer, G. (2008) Integration. Teoksessa Hirsch Hadorn, G., Hoffman-Riem, H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, H., Joye, D., Pohl, C., Wiesmann, U., Zemp, E. (toim.) *Handbook of Transdisciplinary Research*. London: Springer.
- Pólya, G. (1955) *Mathematics and Plausible Reasoning, Volume I: Induction and Analogy in Mathematics*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Pólya, G. (1957) *How to Solve It*. Garden City, NY: Doubleday.
- Ravetz, J., Funtowicz, S., International Society for Ecological Economics (2013) Post-Normal Science. *The Encyclopedia of Earth*. <http://www.eoearth.org/view/article/51cbeea77896bb431f699655>
- Repko, A. (2008) *Interdisciplinary Research: Process and Theory*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Rittel, H.W.J., Webber, M.M. (1973) Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences* 4: 155–169
- Schoenberger, E. (2001) Interdisciplinarity and social power. *Progress in Human Geography* 25(3): 365–382.
- Scholz, R.W. (2011) *Environmental Literacy in Science and Society: From Knowledge to Decisions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schön, D.A. (1983) *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. New York: BasicBooks.
- Schön, D.A. (2001) The Crisis of Professional Knowledge and the Pursuit of an Epistemology of Practice. Teoksessa Raven, J., Stephenson, J. (toim.) *Competence in a Learning Society*. New York: Peter Lang.
- Shapin, S. (1995) Here and everywhere: Sociology of scientific knowledge. *Annual Review of Sociology* 21: 289–321.
- Simon, H. (1990) Invariants of human behavior. *Annual Review of Psychology* 41: 1–19.
- Stark, D. (2009) *The Sense of Dissonance: Accounts of Worth in Economic Life*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Strathern, M. (2004) *Commons and Borderlands: Working Papers on Interdisciplinarity, Accountability and the Flow of Knowledge*. Wantage: Sean Kingston Publishing.
- Whitley, R. (1984) *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*. Oxford: Clarendon Press.